

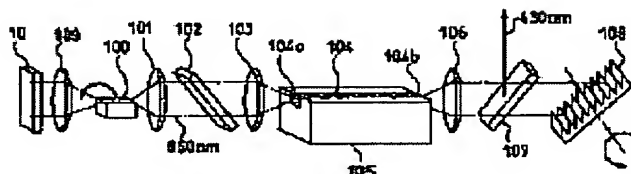
WAVELENGTH CONVERSION LASER DEVICE

Patent number: JP9186387
Publication date: 1997-07-15
Inventor: NAGAI HIDEO; TAKAYAMA TORU
Applicant: MATSUSHITA ELECTRONICS CORP
Classification:
- International: **G02F1/37; H01L33/00; H01S3/1055; H01S3/109; G02F1/35; H01L33/00; H01S3/105; H01S3/109; (IPC1-7): H01S3/109; G02F1/37; H01L33/00; H01S3/1055; H01S3/18**
- european:
Application number: JP19960000190 19960105
Priority number(s): JP19960000190 19960105

Report a data error here

Abstract of JP9186387

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a wavelength conversion laser device in conversion efficiency by a method wherein a wavelength conversion means is easily set to be maximal in conversion efficiency to wavelength. **SOLUTION:** Light emitted from an SLD 100 is coupled to a wavelength conversion waveguide 104 formed on a KPT board 105 passing through a first collimating lens 101, a Brewster plate 102, and a focus lens 103. An outer resonator is composed of a diffraction grating 108 and a reflection mirror. Laser rays emitted from the SLD 100 are converted in wavelength from 860nm to 430nm passing through the outer resonator and the wavelength conversion waveguide 104 and then taken out through a dichroic mirror.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-186387

(43)公開日 平成9年(1997)7月15日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01S 3/109			H01S 3/109	
G02F 1/37			G02F 1/37	
H01L 33/00			H01L 33/00	A
H01S 3/1055			H01S 3/1055	
3/18			3/18	
審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 18 頁)				

(21)出願番号 特願平8-190

(22)出願日 平成8年(1996)1月5日

(71)出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府高槻市幸町1番1号

(72)発明者 永井 秀男

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

(72)発明者 高山 徹

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業株式会社内

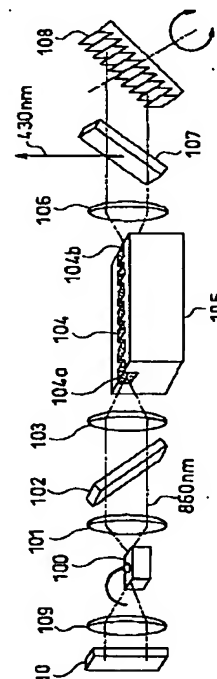
(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外1名)

(54)【発明の名称】 波長変換レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 波長変換手段において最大の変換効率を得られる波長への調整を容易にすることにより、波長変換レーザ装置の変換効率を向上する。

【解決手段】 SLD100から出射された光は、第1のコリメートレンズ101、プリースタ板102及びフォーカスレンズ103を通過して、KPT基板105の上に形成された波長変換導波路104に結合する。回折格子108と反射ミラー110とによって外部共振器が構成されている。SLD100から出射された波長860nm帯の光は、外部共振器及び波長変換導波路104を通過することにより、波長430nm帯のレーザ光に変換されてダイクロイックミラーから取り出される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 スーパーミネッセントダイオードと、該スーパーミネッセントダイオードから出射される光を高調波光に波長変換する波長変換手段と、前記スーパーミネッセントダイオードから出射される光をレーザ発振させる外部共振器と、前記スーパーミネッセントダイオードから出射される光の波長を調整する波長調整手段と、前記スーパーミネッセントダイオードから出射される光の偏光方向を決定する偏光方向決定手段とを備えていることを特徴とする波長変換レーザ装置。

【請求項2】 前記スーパーミネッセントダイオードは、 $Ga_{1-x}Al_xAs$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Z > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > X$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項3】 前記スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Y_1 > 0$ 、 $Z > Y_2 > 0$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項4】 前記スーパーミネッセントダイオードは、 $Ga_{1-x}Al_xAs$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項5】 前記スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電

型の $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項6】 前記スーパーミネッセントダイオードは、 $In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5}P$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Z > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > X$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項7】 前記スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Y_1 > 0$ 、 $Z > Y_2 > 0$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項8】 前記スーパーミネッセントダイオードは、 $In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5}P$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_3}Al_{y_3})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項9】 前記スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電

$l_{Y2})_{0.5}$ Pよりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-Y3}Al_{Y3})_{0.5}$ Pよりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-Z}Al_Z)_{0.5}$ Pよりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比のY1、Y2、Y3及びZの間に、 $Z > Y3 > Y2 > 0$ 及び $Y1 > Y2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項10】 前記スーパーミネッセントダイオードは、 $In_x Ga_{1-x} N$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y1} Ga_{1-Y1} N$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y2} Ga_{1-Y2} N$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Al_Z Ga_{1-Z} N$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比のX、Y1及びY2の間に、 $X \geq 0$ 及び $Y1 > Y2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項11】 前記スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y1} Ga_{1-Y1} N$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y2} Ga_{1-Y2} N$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Al_Z Ga_{1-Z} N$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比のY1及びY2の間に、 $Y1 > Y2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項12】 前記スーパーミネッセントダイオードは、 $In_x Ga_{1-x} N$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y1} Ga_{1-Y1} N$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y2} Ga_{1-Y2} N$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y3} Ga_{1-Y3} N$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Al_Z Ga_{1-Z} N$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比のX、Y1、Y2及びY3の間に、 $X \geq 0$ 、 $Y1 > Y2$ 及び $Y3 > Y2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項13】 前記スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y1} Ga_{1-Y1} N$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y2} Ga_{1-Y2} N$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Al_{Y3} Ga_{1-Y3} N$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側

に形成された第2導電型の $Al_Z Ga_{1-Z} N$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比のY1、Y2及びY3の間に、 $Y1 > Y2$ 及び $Y3 > Y2$ の関係を成立させたことを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項14】 前記ストライプ領域は前記スーパーミネッセントダイオードの少なくとも一方の出射端面に対して3〜16度傾いていることを特徴とする請求項2〜13のいずれか1項に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項15】 前記スーパーミネッセントダイオードは、前記ストライプ領域と少なくとも一方の出射端面との間にウインドウ領域を有していることを特徴とする請求項2〜13のいずれか1項に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項16】 前記ストライプ領域は、その一部分に電流が注入されない電流非注入部を有していることを特徴とする請求項2〜15のいずれか1項に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項17】 前記波長変換手段は、疑似位相整合型の波長変換導波路であることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項18】 前記波長変換手段は、チェレンコフ放型の波長変換導波路であることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項19】 前記波長変換手段は、伝搬モード変換型の波長変換導波路であることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項20】 前記波長変換手段は、分極反転構造を有するバルク結晶に形成された波長変換導波路であることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項21】 前記スーパーミネッセントダイオードを100MHz以上の高周波変調電流により駆動する駆動手段をさらに備えていることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項22】 前記スーパーミネッセントダイオードは、前記外部共振器内で自励発振することを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項23】 前記波長調整手段は、回折格子であることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項24】 前記回折格子は、前記スーパーミネッセントダイオード又は前記波長変換手段の内部に設けられていることを特徴とする請求項23に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項25】 前記波長調整手段は、狭帯域バンドパスフィルタであることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項26】 前記狭帯域バンドパスフィルタは、前記スーパーミネッセントダイオードから出射される光

を前記波長変換手段に結合させるレンズの内部、前記スーパーミネセントダイオードの端面、又は前記波長変換手段の端面に設けられていることを特徴とする請求項25に記載の波長変換レーザ装置。

【請求項27】 前記偏光方向決定手段は、ブリュースター板、偏光板、偏光ビームスプリッタ又はグラムトムソンプリズムであることを特徴とする請求項1に記載の波長変換レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクの記録再生装置、レーザプリンタ又はレーザ応用計測機器等のレーザ光源として用いられる波長変換レーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】光ディスクの高密度化やレーザプリンタの高品位化のために、短波長の半導体レーザ光源が要望されている。現在、実用化されている半導体レーザから発振されるレーザ光は赤色（～630nm）までであって、半導体レーザ単体での更なる短波長化（緑、青、紫外）はこれからの課題である。

【0003】一方、半導体レーザから発振された近赤外の半導体レーザ光を第2高調波光に変換して得られる青色又は紫外のレーザ光を光源として利用することが考えられている。半導体レーザ光を第2高調波光に変換する方法としては、 LiNbO_3 、 LiTbO_3 又はKTP等の非線形光学結晶よりなる基板上に形成された波長変換導波路に半導体レーザ光を結合して第2高調波光に変換する方式が、高い変換効率を得られる方法として知られている。

【0004】一般に、非線形光学結晶を用いて第2高調波光を高効率で発生させるためには、基本波の伝搬定数 $\beta_\omega (=2\pi N_2 / \lambda_\omega)$ の2倍の値と、第2高調波の伝搬定数 $\beta_{2\omega} (=2\pi N_2 / \lambda_{2\omega})$ とを等しくする必要がある。そのためには、基本波に対する屈折率 N_ω と第2高調波に対する屈折率 $N_{2\omega}$ とが等しくなければならないが、通常は、屈折率の波長分散のために $N_{2\omega} > N_\omega$ となるので、第2高調波光の発生条件を満たさない。

【0005】ところが、疑似位相整合方式では、 $2\beta_\omega + 2\pi/\Lambda = \beta_{2\omega}$ を満たす周期構造（ $\Lambda = (\lambda/2)/(N_{2\omega} - N_\omega)$ ）で伝搬定数の差を補償することにより、第2高調波光の発生条件を満たしている。尚、 λ は基本波光（半導体レーザ光）の波長である。

【0006】波長変換導波路としてKTP基板を用いる場合、z面上において周期 Λ でKイオンとRbイオンとを交換することにより、周期的な分極反転構造を有する導波路を形成することができる。z面上に分極反転導波路を形成するのは、z軸方向のイオンの拡散速度が、x軸及びy軸方向の拡散速度に比べて大きいという性質を

利用しているためである。

【0007】分極反転の周期は変換する半導体レーザ光の波長により決まるが、実際にできあがった分極反転の周期は設計値に対してズレを伴っているため、一般には、半導体レーザ光の波長を最大の変換効率を得られる波長に調整する方法が採られている。

【0008】図13は従来の波長変換レーザ装置の全体構成を示しており、図13において、900は半導体レーザ、901は第1のコリメートレンズ、902は $\lambda/2$ 波長板、903はフォーカスレンズ、904はKPT基板905に形成された波長変換導波路、906は第2のコリメートレンズ、907はダイクロイックミラー、908は回折格子であって、半導体レーザ900から発振された波長860nmのレーザ光は波長変換導波路904において波長430nmのレーザ光に波長変換されてダイクロイックミラー907から取り出される。この場合、半導体レーザ900から発振されるレーザ光の波長を調整するために、回折格子908からの回折光を半導体レーザ900にフィードバックしている。尚、回折格子908は半導体レーザ900と共に外部共振器を構成しており、波長変換導波路904は外部共振器内に配置されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】以下、図9を用いて半導体レーザの発振波長が選択される原理について説明する。

【0010】一般に、半導体レーザからは、半導体レーザのキャビティー長Lにより決まる縦モード（モード間隔 $\Delta\lambda$ は $\lambda^2/2N_{eff}L$ に略等しい。但し、 N_{eff} は半導体レーザの実効屈折率である。）のうち、利得分布のピークに近い縦モードが選択されて発振する。基本波の光源となる半導体レーザの一例として、波長 λ を860nm、実効屈折率 N_{eff} を3.6、キャビティー長Lを400 μm とすると、モード間隔 $\Delta\lambda = 0.27\text{nm}$ となる。外部共振器を形成している場合、半導体レーザの縦モードのうち、外部共振器の縦モード（モード間隔 $\Delta\lambda_{ex}$ は $\lambda^2/2L_{ex}$ に略等しい。但し、 L_{ex} は外部共振器の長さである。）に一致する縦モードが選択される。

【0011】回折格子によって半導体レーザから発振されるレーザ光の波長を調整する場合、前記の条件を満たす波長が選択されるため、調整された波長は、半導体レーザの縦モードのモード間隔 $\Delta\lambda$ により決まる不連続なものとなる。

【0012】半導体レーザを光源として用いる場合、変換効率の許容波長の半値幅は略0.2nmである（図10を参照）ので、波長変換導波路において第2高調波を高い変換効率で得るためには、半導体レーザから発振されるレーザ光の波長を0.1nm以下の精度で調整しなければならない。半導体レーザから発振するレーザ光の

波長を波長変換導波路において高い変換効率を得られる波長に一致させるためには、回折格子の外に外部共振器長も調整しなければならないが、このようにすることは、調整箇所が多くなるため困難である。

【0013】前記に鑑み、本発明は、波長変換手段において最大の変換効率を得られる波長への調整を容易にすることにより、高効率な波長変換レーザ装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】半導体レーザの発振波長がモード間隔 $\Delta\lambda$ の不連続な波長になるために、前述の問題が生じていることに鑑み、請求項1の発明は、基本波長の光源として、従来の半導体レーザに代えて、スーパーluminescentダイオード（SLD: Super Luminescent Diode）を用いるものである。また、請求項2～13の発明は、SLDから高出力の基本波長を出射させるため、出射する光に対して透明なブロック層を有するSLDを用いるものである。

【0015】具体的に請求項1の発明が講じた解決手段は、波長変換レーザ装置を、スーパーluminescentダイオードと、該スーパーluminescentダイオードから出射される光を高調波光に波長変換する波長変換手段と、前記スーパーluminescentダイオードから出射される光をレーザ発振させる外部共振器と、前記スーパーluminescentダイオードから出射される光の波長を調整する波長調整手段と、前記スーパーluminescentダイオードから出射される光の偏光方向を決定する偏光方向決定手段とを備えている構成とするものである。

【0016】請求項1の構成により、スーパーluminescentダイオードから出射される光は、波長変換手段によって高調波光に波長変換されると共に外部共振器によってレーザ光として発振される。外部共振器長で決まる縦モード間隔は、波長変換手段が効率良く波長変換する許容波長の半値幅に比べて十分に狭いので、外部共振器により発振されるレーザ光の発振波長を、波長変換手段において最大の変換効率を得られる波長に、波長調整手段により調整することは容易である。

【0017】請求項2の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーluminescentダイオードは、 $Ga_{1-x}Al_xAs$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Z > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > X$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0018】請求項3の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーluminescentダイオードは、量子井戸構造

を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Y_1 > 0$ 、 $Z > Y_2 > 0$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0019】請求項4の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーluminescentダイオードは、 $Ga_{1-x}Al_xAs$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0020】請求項5の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーluminescentダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0021】請求項6の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーluminescentダイオードは、 $In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5}P$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Z > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > X$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0022】請求項7の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーluminescentダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電

型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_1}\text{Al}_{y_1})_{0.5}\text{P}$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_2}\text{Al}_{y_2})_{0.5}\text{P}$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z)_{0.5}\text{P}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Y_1 > 0$ 、 $Z > Y_2 > 0$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0023】請求項8の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネセントダイオードは、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_1}\text{Al}_{y_1})_{0.5}\text{P}$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_2}\text{Al}_{y_2})_{0.5}\text{P}$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_3}\text{Al}_{y_3})_{0.5}\text{P}$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z)_{0.5}\text{P}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0024】請求項9の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_1}\text{Al}_{y_1})_{0.5}\text{P}$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_2}\text{Al}_{y_2})_{0.5}\text{P}$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-y_3}\text{Al}_{y_3})_{0.5}\text{P}$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{In}_{0.5}(\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z)_{0.5}\text{P}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0025】請求項10の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネセントダイオードは、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_1}\text{Ga}_{1-y_1}\text{N}$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_2}\text{Ga}_{1-y_2}\text{N}$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 及び Y_2 の間に、 $X \geq 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0026】請求項11の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネセントダイオードは、量子井戸構

造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_1}\text{Ga}_{1-y_1}\text{N}$ よりなる光ガイド層と、該光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_2}\text{Ga}_{1-y_2}\text{N}$ よりなるストライプ領域と、前記光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 及び Y_2 の間に、 $Y_1 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0027】請求項12の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネセントダイオードは、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ よりなる活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_1}\text{Ga}_{1-y_1}\text{N}$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_2}\text{Ga}_{1-y_2}\text{N}$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_3}\text{Ga}_{1-y_3}\text{N}$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 及び Y_3 の間に、 $X \geq 0$ 、 $Y_1 > Y_2$ 及び $Y_3 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0028】請求項13の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、該活性層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_1}\text{Ga}_{1-y_1}\text{N}$ よりなる第1の光ガイド層と、該第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_2}\text{Ga}_{1-y_2}\text{N}$ よりなる第2の光ガイド層と、該第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{y_3}\text{Ga}_{1-y_3}\text{N}$ よりなるストライプ領域と、前記第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 及び Y_3 の間に、 $Y_1 > Y_2$ 及び $Y_3 > Y_2$ の関係を成立させた構成を付加するものである。

【0029】請求項14の発明は、請求項2～13の構成に、前記ストライプ領域は前記スーパーミネセントダイオードの少なくとも一方の出射端面に対して3～16度傾いている構成を付加するものである。

【0030】請求項15の発明は、請求項2～13の構成に、前記スーパーミネセントダイオードは、前記ストライプ領域と少なくとも一方の出射端面との間にウィンドウ領域を有している構成を付加するものである。

【0031】請求項16の発明は、請求項2～15の構成に、前記ストライプ領域は、その一部分に電流が注入されない電流非注入部を有している構成を付加するものである。

【0032】請求項17の発明は、請求項1の構成に、前記波長変換手段は疑似位相整合型の波長変換導波路である構成を付加するものである。

【0033】請求項18の発明は、請求項1の構成に、

前記波長変換手段はチェレンコフ放型の波長変換導波路である構成を付加するものである。

【0034】請求項19の発明に、請求項1の構成に、前記波長変換手段は伝搬モード変換型の波長変換導波路である構成を付加するものである。

【0035】請求項20の発明は、請求項1の構成に、前記波長変換手段は分極反転構造を有するバルク結晶体に形成された波長変換導波路である構成を付加するものである。

【0036】請求項21の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネッセントダイオードを100MHz以上の高周波変調電流により駆動する駆動手段をさらに備えている構成を付加するものである。

【0037】請求項22の発明は、請求項1の構成に、前記スーパーミネッセントダイオードは、前記外部共振器内で自励発振する構成を付加するものである。

【0038】請求項23の発明は、請求項1の構成に、前記波長調整手段は回折格子である構成を付加するものである。

【0039】請求項24の発明は、請求項23の構成に、前記回折格子は、前記スーパーミネッセントダイオード又は前記波長変換手段の内部に設けられている構成を付加するものである。

【0040】請求項25の発明は、請求項1の構成に、前記波長調整手段は狭帯域バンドパスフィルタである構成を付加するものである。

【0041】請求項26の発明は、請求項25の構成に、前記狭帯域バンドパスフィルタは、前記スーパーミネッセントダイオードから出射される光を前記波長変換手段に結合させるレンズの内部、前記スーパーミネッセントダイオードの端面、又は前記波長変換手段の端面に設けられている構成を付加するものである。

【0042】請求項27の発明は、請求項1の構成に、前記偏光方向決定手段は、プリースタ板、偏光板、偏光ビームスプリッタ又はグラムトムソンプリズムである構成を付加するものである。

【0043】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る波長変換レーザ装置の実施形態について、図面を参照にしながら説明する。

【0044】図1は本発明の第1の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示しており、図1において、100はスーパーミネッセントダイオード（SLD）、101は第1のコリメートレンズ、102はプリースタ板、103はフォーカスレンズ、104はKPT基板105に形成された波長変換導波路、106は第2のコリメートレンズ、107はダイクロイックミラー、108は回折格子、109は第3のコリメートレンズ、110は反射ミラーである。波長変換導波路104の後端面104aには波長860nm帯の光に対して無反射（A

R）で波長430nm帯の光に対して高反射（HR）なコーティングが施され、波長変換導波路104の前端面104bには波長860nm帯及び430nm帯の両方の光に対して無反射（AR）なコーティングが施されている。ダイクロイックミラー107には、波長860nm帯の光に対して無反射（AR）で波長430nm帯の光に対して高反射（HR）なコーティングが施されている。回折格子108としては、入射方向に光を回折させるブレード・ホログラフィック・グレーティングが用いられている。回折格子108と反射ミラー110とによって外部共振器が構成されている。

【0045】SLD100から出射された光は、第1のコリメートレンズ101及びフォーカスレンズ103により波長変換導波路104の後端面104aに結合する。LiNbO₃、LiTaO₃、KTP等の結晶体においては、z軸方向に関する非線形光学定数が高いため、一般に基本波光としてTMモード光（偏光方向がz軸に平行）を波長変換導波路104に結合させる。ところが、SLD100から出射される光の偏光方向は一定方向に揃っていないので、SLD100から出射される光の偏光方向をTMモードに揃えるために、プリースタ板102が挿入されている。尚、偏光方向を揃える方法としては、プリースタ板102の代わりに、偏光板、偏光ビームスプリッタ若しくはグラムトムソンプリズムを挿入する方法、又は、反射率に偏光依存性をもつ回折格子を用いる方法がある。

【0046】光源となるSLD100には、高出力が要求されるため、実屈折率導波構造を有するSLDが用いられている。図5はSLD100の構造を示しており、n-GaAsよりなる基板10の上に、n-GaAsよりなるバッファ層11、n-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるクラッド層12、GaAsよりなる活性層13、p-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなる第1の光ガイド層14、p-Ga_{0.8}Al_{0.2}Asよりなる第2の光ガイド層15が順次形成されており、第2の光ガイド層15の上には、p-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるストライプ領域16が形成されていると共に該ストライプ領域16を挟む両側にn-Ga_{0.5}Al_{0.5}Asよりなる電流ブロック層17が形成されており、ストライプ領域16及び電流ブロック層17の上にはp-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるクラッド層18がストライプ領域16と一体に形成され、クラッド層18の上にはp-GaAsよりなるコンタクト層19が順次形成されている。第1の実施形態におけるSLD100の特徴として、活性層13に電流を注入するストライプ領域16は、SLD100の前端面100a及び後端面100bに対してそれぞれ5°の角度を持って傾斜している。尚、図5においては、図示の都合上、活性層13及び電流ブロック層17にのみハッチングを施している。

【0047】前記構成のSLD100によると、電流ブ

ロック層17の屈折率はストライプ領域16の屈折率よりも小さいので、この屈折率差によりレーザ光はストライプ領域16の内部に有効に閉じ込められる。

【0048】また、電流ブロック層17の禁制帯幅は活性層13の禁制帯幅よりも十分に大きいので、レーザ光の電流ブロック層17による吸収がないので、損失が低く、高出力化が可能である。

【0049】また、活性層13に電流を注入するストライプ領域16は、SLD100の前端面100a及び後端面100bに対して5°の角度を持って傾斜しているため、ストライプ領域16の内部を導波した光は、SLD100の前端面100a及び後端面100bに対してそれぞれ斜め方向から入射するので、前端面100a又は後端面100bにおいて反射された光はストライプ領域16内には殆ど戻らない。このため、SLD100におけるレーザ発振が抑制され、SLD100の単体では、図11(a)に示すように、半値幅の広いスーパーミネッセント光を出射する。また、図1に示すように、SLD100は反射ミラー110と回折格子108とからなる外部共振器内に配置し、回折光をSLD100にフィードバックするため、回折光の波長と一致する波長の縦モードが選択されるので、図11(b)に示すような単一縦モードのレーザ発振が得られる。尚、SLD100から出射される光の回折格子108への入射角を回折格子108を回転させて調整することにより、発振するレーザ光の波長を連続的に調整することができる。

【0050】図10は、光源として半導体レーザを用いた場合とSLDを用いた場合とにおける波長変換効率の波長依存性を調べた結果を示しており、○印はSLDを光源に用いた場合を示し、●印は半導体レーザを光源に用いた場合を示している。図10における○印から分かるように、SLDを光源に用いると、波長を連続的に調整することができるため、波長変換導波路104における変換効率が最大となる波長に調整することができる。第1の実施形態においては、波長変換導波路104に入射する光が100mWのときに、5mWの青色光が得られた。

【0051】図2は、本発明の第2の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示しており、図2において、200はスーパーミネッセントダイオード(SLD)、201は第1のコリメートレンズ、202はブリュースタ板、203はバンドパスフィルター、204はフォーカスレンズ、205はKPT基板206に形成された波長変換導波路である。SLD200の後端面200aは反射ミラーとなり、SLD200の前端面200bは無反射面となる。波長変換導波路205の後端面205aには波長860nm帯の光に対して無反射(AR)で波長430nm帯の光に対して高反射(HR)なコーティングが施され、波長変換導波路205の前端面

205bには波長860nm帯及び430nm帯の両方の光に対して無反射(AR)なコーティングが施されている。

【0052】第1の実施形態においては、ストライプ領域16がSLD100の前端面100a及び後端面100bに対して傾きを持っているため、両端面での光の反射が抑制されていたので、外部共振器を構成するために反射ミラー110を設けたが、第2の実施形態においては、SLD200の後端面200aと波長変換導波路205の前端面205aとによって外部共振器を構成している。

【0053】SLD200から出射された光は、コリメートレンズ201及びフォーカスレンズ204により波長変換導波路205の後端面205aに結合する。第2の実施形態においては、波長の調整を狭帯域のバンドパスフィルター203(ピーク透過率90%、透過率半値幅1nm)により行なっている。バンドパスフィルター203への入射角が変化すると、透過率が最大になる波長も変化するので、最大の透過率が得られる波長が選択されてレーザ発振する。第1の実施形態における回折格子108と同様に、バンドパスフィルター203の角度を変えることにより、連続的に発振波長を変化させることができる。

【0054】図6は第2の実施形態に用いられる第1のSLD200Aの構造を示しており、n-GaAsよりなる基板20の上に、n-GaAsよりなるバッファ層21、n-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるクラッド層22、GaAsよりなる活性層23、p-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなる第1の光ガイド層24、p-Ga_{0.8}Al_{0.2}Asよりなる第2の光ガイド層25が順次形成されており、第2の光ガイド層25の上には、p-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるストライプ領域26が形成されていると共に該ストライプ領域26を挟む両側にn-Ga_{0.5}Al_{0.5}Asよりなる電流ブロック層27が形成されており、ストライプ領域26及び電流ブロック層27の上にはp-Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるクラッド層28がストライプ領域26と一体に形成され、クラッド層28の上にはp-GaAsよりなるコンタクト層29が順次形成されている。第2の実施形態における第1のSLD200Aの特徴として、ストライプ領域26は途中において屈折しており、ストライプ領域26は前端面200aに対しては5度の角度を持って交わり、後端面200bに対しては直角に交わっている。これにより、後端面200bから出射する光は反射されてストライプ領域26内に戻るが、前端面200aから出射する光はストライプ領域26内には殆ど戻らない。従って、第1のSLD200Aの単体ではレーザ発振することなくSLDそのものとして機能するが、図2に示すように外部共振器を形成すると、レーザ発振が得られる。

【0055】図7は第2の実施形態に用いられる第2の

SLD200Bの構造を示しており、 $n\text{-GaAs}$ よりなる基板30の上に、 $n\text{-GaAs}$ よりなるバッファ層31、 $n\text{-Ga}_{0.6}\text{Al}_{0.4}\text{As}$ よりなるクラッド層32、 GaAs よりなる活性層33、 $p\text{-Ga}_{0.6}\text{Al}_{0.4}\text{As}$ よりなる第1の光ガイド層34、 $p\text{-Ga}_{0.8}\text{Al}_{0.2}\text{As}$ よりなる第2の光ガイド層35が順次形成されており、第2の光ガイド層35の上には、 $p\text{-Ga}_{0.6}\text{Al}_{0.4}\text{As}$ よりなるストライプ領域36が形成されていると共に該ストライプ領域36を挟む両側に $n\text{-Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ よりなる電流ブロック層37が形成されており、ストライプ領域36及び電流ブロック層37の上には $p\text{-Ga}_{0.6}\text{Al}_{0.4}\text{As}$ よりなるクラッド層38がストライプ領域36と一体に形成され、クラッド層38の上には $p\text{-GaAs}$ よりなるコンタクト層39が順次形成されている。第2の実施形態における第2のSLD200Bの特徴として、ストライプ領域36は前端面200a及び後端面200bにそれぞれ直角に交わっているが、ストライプ領域36と後端面200bとの間には、ストライプ領域も活性層もない $n\text{-Ga}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{As}$ よりなるウインドウ領域37aが形成されている。このため、ストライプ領域37を導波してきた光は、ウインドウ領域37aで拡がり、ストライプ領域37内には殆ど戻らない。従って、第2のSLD200Bの単体ではレーザ発振することなくSLDそのものとして機能するが、図2に示すように外部共振器を形成すると、レーザ発振が得られる。

【0056】図3は、本発明の第3の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示しており、図3において、300はスーパーluminescentダイオード(SLD)、301は半球状のコリメートレンズ301a及びフォーカスレンズ301bからなるマイクロ球レンズであって、コリメートレンズ301aとフォーカスレンズ301bとの間にはバンドパスフィルタ302が設けられている。マイクロ球レンズ300は、コリメートレンズ301a及びフォーカスレンズ301bを構成する直径5mmのBK7ガラスの半球が合わされており、半球同志の合せ面にはブリュスタ角近傍で狭帯域のバンドパス特性を持つ誘電体多層膜コーティングが施され、これによりバンドパスフィルタ302が形成されている。また、マイクロ球レンズ301はスーパーluminescent光が半球同志の合わせ面に対して略ブリュスタ角で入射するように配置されており、レーザ光の波長を第2高調波光への変換効率が最大になる波長に調整する。以上説明した構造を採用することにより、波長変換レーザ装置の小型化が図られている。

【0057】また、図3において、303はKPT基板304に形成された波長変換導波路であって、第2の実施形態と同様、SLD300の後端面300aと波長変換導波路303の前端面303bとによって外部共振器が構成されており、マイクロ球レンズ301に組み込ま

れたバンドパスフィルタ302が外部共振器内に挿入された構成になっている。

【0058】図4は本発明の第4の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示しており、図4において、400はスーパーluminescentダイオード(SLD)、401はKPT基板402に形成された波長変換導波路、403は波長変換導波路401の上に配置された回折格子である。SLD400の前端面と波長変換導波路401の後端面401aとは近接しており、SLD400から出射された光は波長変換導波路401に直接結合する構成になっている。このように、SLD400と波長変換導波路401との間にレンズを介在させないと共に、回折格子403を波長変換導波路401の上に配置することにより、波長変換レーザ装置の一層の小型化が図られている。第4の実施形態においては、SLD400の後端面400aと回折格子403とによって外部共振器が構成されており、回折格子403の回折効率は偏光方向依存性を持っており、TMモード光をTEモード光よりも高い効率で反射するように設計されている。

【0059】光ディスク装置等のレーザ光源として波長変換レーザ装置を用いる場合には、波長変換レーザ装置は小型であることが望まれるが、第3及び第4の実施形態においては、第1及び第2の実施形態の機能を損なうことなく光学系を簡素化した波長変換レーザ装置を実現している。

【0060】以下、第1～第4の実施形態に係る波長変換レーザ装置におけるSLDの駆動方法について説明する。一般に第2高調波への波長変換効率は、SLDから出射される基本波光のパワー密度に比例するので、基本波光となるスーパーluminescent光の出力が大きいくほど高い変換効率が得られる。また、CW駆動よりもパルス駆動の方が光損傷レベルが高くなるなって高出力が得られやすい。基本波光の平均出力が等しい場合、第2高調波光の平均出力としては、CW駆動よりもパルス駆動の方が高い出力が得られる。

【0061】図12は、高周波電流駆動を行なった場合と通常のDC電流駆動を行なった場合との入出力特性の比較を示している。図12において、高周波電流駆動を行なったときのSLDの出力は平均出力である。基本波入力 P_{ω} が100mWの場合について高周波駆動の場合(○で示す)とDC駆動の場合(●で示す)とを比較すると、高周波駆動の場合には第2高調波光の出力 $P_{2\omega}$ として50mWが得られるのに対して、DC駆動の場合には第2高周波光の出力として5mWが得られた。すなわち、高周波駆動を行なった場合の出力は行わなかった場合の出力の10倍になっている。この場合の高周波電流の駆動周波数は500Hzである。

【0062】尚、SLDに対して高周波電流駆動を行なう代わりに、自励発振するSLDを基本波光を出射する光源として用いても、前記の実施形態と同様の効果が得

られる。高周波電流駆動は不要輻射の原因となるので、民生用の機器に応用する際には、自励発振するSLDを用いることが好ましい。

【0063】一般に、半導体レーザを自励発振させるためには、光が導波するストライプ領域の活性層に過飽和吸収領域が形成されておればよい。前記実施形態におけるSLDは、外部共振器によるレーザ発振波長に対して電流ブロック層が透明になり、光がストライプ領域の外部まで大きくしみだし、電流ブロック層の下の活性層に過飽和吸収領域が形成されるように設計されている。このため、自励発振が容易に得易い構造になっている。

【0064】過飽和吸収効果を大きくすると、より高い尖塔値のパルス発振が得られるので、より高い変換効率で第2高調波光が得られる。図8は、大きな過飽和吸収効果が得られるSLDの構造の一例を示しており、 n -GaAsよりなる基板40の上に、 n -GaAsよりなるバッファ層41、 n -Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるクラッド層42、GaAsよりなる活性層43、 p -Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなる第1の光ガイド層44、 p -Ga_{0.8}Al_{0.2}Asよりなる第2の光ガイド層45が順次形成されており、第2の光ガイド層45の上には、 p -Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるストライプ領域46が形成されていると共に該ストライプ領域46を挟む両側に n -Ga_{0.5}Al_{0.5}Asよりなる電流ブロック層47が形成されており、ストライプ領域46及び電流ブロック層47の上には p -Ga_{0.6}Al_{0.4}Asよりなるクラッド層48がストライプ領域46と一体に形成され、クラッド層48の上には p -GaAsよりなるコンタクト層49が順次形成されている。図8に示すSLDの特徴として、ストライプ領域46と途中で電流が注入されない電流非注入部26aが設けられ、活性層43におけるストライプ領域26aと対応する領域に過飽和吸収領域が形成されているので、過飽和吸収効果が高められている。

【0065】図8に示すSLDを光源として用いた場合、基本波光の入力 $P_{\omega}=100\text{mW}$ のときに、第2高調波光の出力として $P_{2\omega}=5\text{mW}$ が得られた。このときの自励発振周波数は2GHzであった。

【0066】尚、図6又は図7に示すSLD構造においても、ストライプ領域の一部を不連続にして電流非注入部を設けると、同様の効果が得られる。

【0067】また、前記各実施形態においては、基本波光を第2高調波光に変換する波長変換手段として、分極反転導波路を用いたが、これに代えて、チェレンコフ放射導波路、伝搬モード変換導波路又はバルク結晶を用いても同様の効果が得られる。バルク結晶としては、 LiNbO_3 、 LiTaO_3 、 KNbO_3 若しくは BBO 等の単結晶、又は同様の結晶内に分極反転構造を有する結晶等を用いることができる。

【0068】また、前記各実施形態においては、波長変

換導波路は基本波光としてTMモード偏光を用いる場合であったが、基本波光としてTEモード偏光を用いる波長変換導波路、又は、TE+TMモード偏光（ z 軸に対して 45° の傾きを持つ直線偏光）を用いる波長変換導波路においても、ブリュスタ板、偏光板及び回折格子等の偏光方向選択素子の向きを、必要とされる偏光方向が得られる向きに一致すれば、TMモード偏光の場合と同様の効果が得られる。

【0069】さらに、前記各実施形態においては、GaAlAs系のSLDを用いる例を示したが、InP系、InGaAsP系、InGaAlP系、GaN系、InGaN系、AlGaN系又はZnSe系のSLDにおいても同様の効果を得ることができる。

【0070】

【発明の効果】請求項1の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードから出射される光は外部共振器によってレーザ発振し、外部共振器により発振されるレーザ光の発振波長を、波長変換手段において最大の変換効率を得られる波長になるように、波長調整手段により調整することは容易であるため、波長変換手段における変換効率が向上するので、高効率な波長変換レーザ装置が実現できる。

【0071】請求項2の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは、Ga_{1-x}Al_xAsよりなる活性層と、活性層の上に形成された第1導電型のGa_{1-y1}Al_{y1}Asよりなる光ガイド層と、光ガイド層の上に形成された第1導電型のGa_{1-y2}Al_{y2}Asよりなるストライプ領域と、光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型のGa_{1-z}Al_zAsよりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 $Y1$ 、 $Y2$ 及び Z の間に、 $Z > Y2 > X \geq 0$ 及び $Y1 > X$ の関係が成立するため、スーパーミネセントダイオードは、波長0.7~0.9nmの光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0072】請求項3の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、活性層の上に形成された第1導電型のGa_{1-y1}Al_{y1}Asよりなる光ガイド層と、光ガイド層の上に形成された第1導電型のGa_{1-y2}Al_{y2}Asよりなるストライプ領域と、光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型のGa_{1-z}Al_zAsよりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の $Y1$ 、 $Y2$ 及び Z の間に、 $Y1 > 0$ 、 $Z > Y2 > 0$ の関係が成立するため、スーパーミネセントダイオードは、波長0.7~0.9nmの光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0073】請求項4の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは、Ga

$_{1-x}Al_xAs$ よりなる活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる第1の光ガイド層と、第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなる第2の光ガイド層と、第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ よりなるストライプ領域と、第2の光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係が成立するため、スーパーミネッセントダイオードは、波長 $0.7 \sim 0.9 \text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0074】請求項5の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_1}Al_{y_1}As$ よりなる第1の光ガイド層と、第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_2}Al_{y_2}As$ よりなる第2の光ガイド層と、第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Ga_{1-y_3}Al_{y_3}As$ よりなるストライプ領域と、第2の光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Ga_{1-z}Al_zAs$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係が成立するため、スーパーミネッセントダイオードは、波長 $0.7 \sim 0.9 \text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0075】請求項6の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネッセントダイオードは、 $In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5}P$ よりなる活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる光ガイド層と、光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、光ガイド層上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Z > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > X$ の関係が成立するので、スーパーミネッセントダイオードは、波長 $0.6 \sim 0.7 \text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0076】請求項7の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる光ガイド層と、光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、光ガイド層の上における前記ストライプ領域

の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 及び Z の間に、 $Y_1 > 0$ 、 $Z > Y_2 > 0$ の関係が成立するので、スーパーミネッセントダイオードは、波長 $0.6 \sim 0.7 \text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0077】請求項8の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネッセントダイオードは、 $In_{0.5}(Ga_{1-x}Al_x)_{0.5}P$ よりなる活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる第1の光ガイド層と、第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなる第2の光ガイド層と、第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_3}Al_{y_3})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、第2の光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > X \geq 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係が成立するので、スーパーミネッセントダイオードは、波長 $0.6 \sim 0.7 \text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0078】請求項9の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネッセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_1}Al_{y_1})_{0.5}P$ よりなる第1の光ガイド層と、第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_2}Al_{y_2})_{0.5}P$ よりなる第2の光ガイド層と、第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-y_3}Al_{y_3})_{0.5}P$ よりなるストライプ領域と、第2の光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $In_{0.5}(Ga_{1-z}Al_z)_{0.5}P$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の Y_1 、 Y_2 、 Y_3 及び Z の間に、 $Z > Y_3 > Y_2 > 0$ 及び $Y_1 > Y_2$ の関係が成立するので、スーパーミネッセントダイオードは、波長 $0.6 \sim 0.7 \text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0079】請求項10の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネッセントダイオードは、 $In_xGa_{1-x}N$ よりなる活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $Al_{y_1}Ga_{1-y_1}N$ よりなる光ガイド層と、光ガイド層の上に形成された第1導電型の $Al_{y_2}Ga_{1-y_2}N$ よりなるストライプ領域と、光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $Al_zGa_{1-z}N$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 Y_1 及び Y_2 の間に、 $X \geq 0$ 及び Y_1

$>Y2$ の関係が成立するので、スーパーミネセントダイオードは、波長 $0.4\sim0.6\text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0080】請求項11の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y1}\text{Ga}_{1-Y1}\text{N}$ よりなる光ガイド層と、光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y2}\text{Ga}_{1-Y2}\text{N}$ よりなるストライプ領域と、光ガイド層の上における前記ストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の $Y1$ 及び $Y2$ の間に、 $Y1>Y2$ の関係が成立するので、スーパーミネセントダイオードは、波長 $0.4\sim0.6\text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0081】請求項12の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは、 $\text{In}_X\text{Ga}_{1-X}\text{N}$ よりなる活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y1}\text{Ga}_{1-Y1}\text{N}$ よりなる第1の光ガイド層と、第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y2}\text{Ga}_{1-Y2}\text{N}$ よりなる第2の光ガイド層と、第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y3}\text{Ga}_{1-Y3}\text{N}$ よりなるストライプ領域と、第2の光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の X 、 $Y1$ 、 $Y2$ 及び $Y3$ の間に、 $X\geq 0$ 、 $Y1>Y2$ 及び $Y3>Y2$ の関係が成立するので、スーパーミネセントダイオードは、波長 $0.4\sim0.6\text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0082】請求項13の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは、量子井戸構造を有する活性層と、活性層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y1}\text{Ga}_{1-Y1}\text{N}$ よりなる第1の光ガイド層と、第1の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y2}\text{Ga}_{1-Y2}\text{N}$ よりなる第2の光ガイド層と、第2の光ガイド層の上に形成された第1導電型の $\text{Al}_{Y3}\text{Ga}_{1-Y3}\text{N}$ よりなるストライプ領域と、第2の光ガイド層の上におけるストライプ領域の両側に形成された第2導電型の $\text{Al}_Z\text{Ga}_{1-Z}\text{N}$ よりなる電流ブロック層とを有し、前記各混晶比の $Y1$ 、 $Y2$ 及び $Y3$ の間に、 $Y1>Y2$ 及び $Y3>Y2$ の関係が成立するので、スーパーミネセントダイオードは、波長 $0.4\sim0.6\text{ nm}$ の光を高出力に出射するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0083】請求項14の発明に係る波長変換レーザ装置によると、ストライプ領域がスーパーミネセントダイオードの出射端面に対して傾きを持っているので、

スーパーミネセントダイオード単体では確実にレーザ発振せず、外部共振器によりレーザ発振するので、波長変換手段において最大の変換効率を得られる波長になるよう、波長調整手段によって調整することが容易になる。

【0084】請求項15の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは出射端面の近傍にウィンドウ領域を有しているため、スーパーミネセントダイオード単体では確実にレーザ発振せず、外部共振器によりレーザ発振するので、波長変換手段において最大の変換効率を得られる波長になるよう、波長調整手段によって調整することが容易になる。

【0085】請求項16の発明に係る波長変換レーザ装置によると、ストライプ領域は、その一部分に電流非注入部を有しているため、スーパーミネセントダイオードは高いピークを持つ光パルスを発するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0086】請求項17の発明に係る波長変換レーザ装置によると、波長変換手段は疑似位相整合型の波長変換導波路であるため、波長変換手段が変換する波長を所望のものに設定することができる。

【0087】請求項18の発明に係る波長変換レーザ装置によると、波長変換手段はチェレンコフ放型の波長変換導波路であるため、波長変換手段の許容波長の半値幅を拡げることができる。

【0088】請求項19の発明に係る波長変換レーザ装置によると、波長変換手段は伝搬モード変換型の波長変換導波路であるため、波長変換手段が変換する波長を所望のものに設定することができる。

【0089】請求項20の発明に係る波長変換レーザ装置によると、波長変換手段は極反転構造を有するバルク結晶体に形成された波長変換導波路であるため、波長変換手段が変換する波長を所望のものに設定することができる。

【0090】請求項21の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードを 100 MHz 以上の高周波変調電流により駆動する駆動手段を備えているため、スーパーミネセントダイオードは高いピークを持つ光パルスを発するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0091】請求項22の発明に係る波長変換レーザ装置によると、スーパーミネセントダイオードは外部共振器内で自励発振するため、スーパーミネセントダイオードは、DC電源で駆動されるだけで、自発的に高いピークを持つ光パルスを発するので、波長変換手段において高い変換効率を実現することができる。

【0092】請求項23の発明に係る波長変換レーザ装置によると、波長調整手段は回折格子であるため、発振するレーザの波長を回折格子により確実に調整することができる。

【0093】請求項24の発明に係る波長変換レーザ装置によると、回折格子はスーパーリミネセントダイオード又は波長変換手段の内部に設けられているため、波長変換レーザ装置を構成する部品の数を低減することができる。

【0094】請求項25の発明に係る波長変換レーザ装置によると、波長調整手段は狭帯域バンドパスフィルタであるため、発振するレーザの波長を狭帯域バンドパスフィルタにより確実に調整することができる。

【0095】請求項26の発明に係る波長変換レーザ装置によると、狭帯域バンドパスフィルタは、スーパーリミネセントダイオードから出射される光を波長変換手段に結合させるレンズの内部、スーパーリミネセントダイオードの端面、又は波長変換手段の端面に設けられているため、波長変換レーザ装置を構成する部品の数を低減することができる。

【0096】請求項27の発明に係る波長変換レーザ装置によると、偏光方向決定手段は、プリースター板、偏光板、偏光ビームスプリッタ又はグラムトムソンプリズムであるため、レーザ光の偏光方向を波長変換手段が必要とする偏光方向に確実に一致させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の第2の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示す図である。

【図3】本発明の第3の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示す図である。

【図4】本発明の第4の実施形態に係る波長変換レーザ装置の構成を示す図である。

【図5】前記第1の実施形態に係る波長変換レーザ装置に用いられるSLDの構造を示す図である。

【図6】前記第2の実施形態に係る波長変換レーザ装置に用いられる第1のSLDの構造を示す図である。

【図7】前記第2の実施形態に係る波長変換レーザ装置に用いられる第2のSLDの構造を示す図である。

【図8】前記第1～第4の実施形態に係る波長変換レーザ装置に用いられるSLDの変形例の構造を示す図である。

【図9】半導体レーザの発振波長が選択される原理について説明する図である。

【図10】光源として半導体レーザを用いる場合とSLDを用いる場合における波長変換効率の波長依存性を示す特性図である。

【図11】(a)は、第1の実施形態に係る波長変換レーザ装置におけるSLDから出射される光のスペクトルを示し、(b)は第1の実施形態に係る波長変換レーザ装置の外部共振器から発振されるレーザ光のスペクトルを示している。

【図12】本発明の各実施形態に係る波長変換レーザ装

置におけるSLDを高周波電流駆動を行なった場合と通常のDC電流駆動を行なった場合とにおける入出力特性を示す図である。

【図13】従来の波長変換レーザ装置の構成を示す図である。

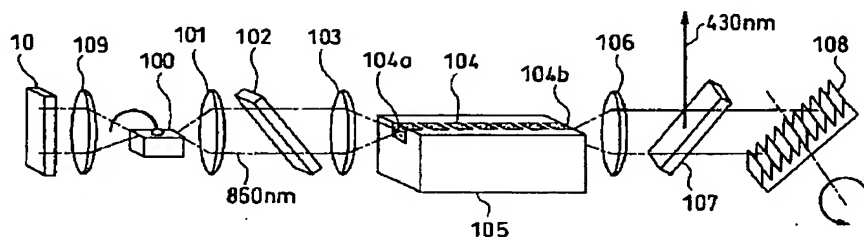
【符号の説明】

- 10 基板
- 11 バッファ層
- 12 クラッド層
- 13 活性層
- 14 第1の光ガイド層
- 15 第2の光ガイド層
- 16 ストライプ領域
- 17 電流ブロック層
- 18 クラッド層
- 19 コンタクト層
- 20 基板
- 21 バッファ層
- 22 クラッド層
- 33 活性層
- 24 第1の光ガイド層
- 25 第2の光ガイド層
- 26 ストライプ領域
- 27 電流ブロック層
- 28 クラッド層
- 29 コンタクト層
- 30 基板
- 31 バッファ層
- 32 クラッド層
- 33 活性層
- 34 第1の光ガイド層
- 35 第2の光ガイド層
- 36 ストライプ領域
- 37 電流ブロック層
- 38 クラッド層
- 39 コンタクト層
- 40 基板
- 41 バッファ層
- 42 クラッド層
- 43 活性層
- 44 第1の光ガイド層
- 45 第2の光ガイド層
- 46 ストライプ領域
- 47 電流ブロック層
- 48 クラッド層
- 49 コンタクト層
- 100 SLD
- 101 第1のコリメートレンズ
- 102 プリースター板
- 103 フォーカスレンズ

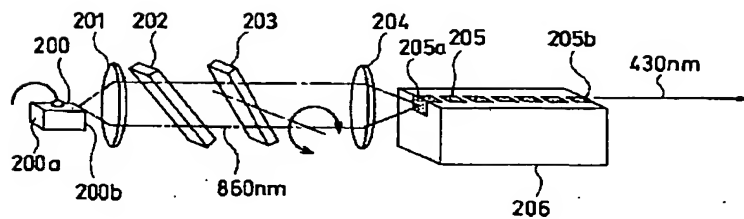
104 波長変換導波路
 105 KPT基板
 106 第2のコリメートレンズ
 107 ダイクロイックミラー
 108 回折格子
 109 第3のコリメートレンズ
 110 反射ミラー
 200 SLD
 201 第1のコリメートレンズ
 202 ブリュースタ板
 203 バンドパスフィルター
 204 フォーカスレンズ
 205 波長変換導波路

206 KPT基板
 300 SLD
 301 マイクロ球レンズ
 301a コリメートレンズ
 301b フォーカスレンズ
 302 バンドパスフィルター
 303 波長変換導波路
 304 KPT基板
 400 SLD
 401 波長変換導波路
 402 KPT基板
 403 回折格子

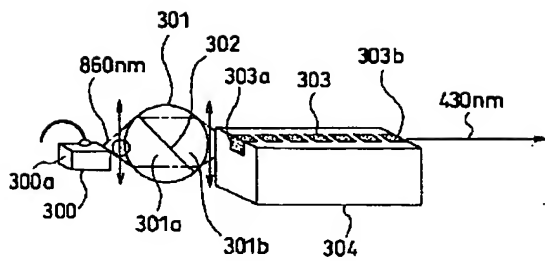
【図1】



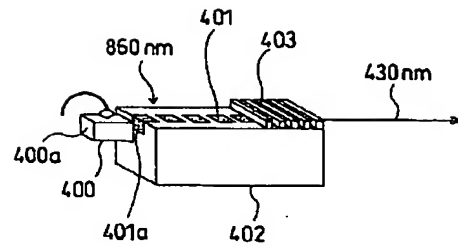
【図2】



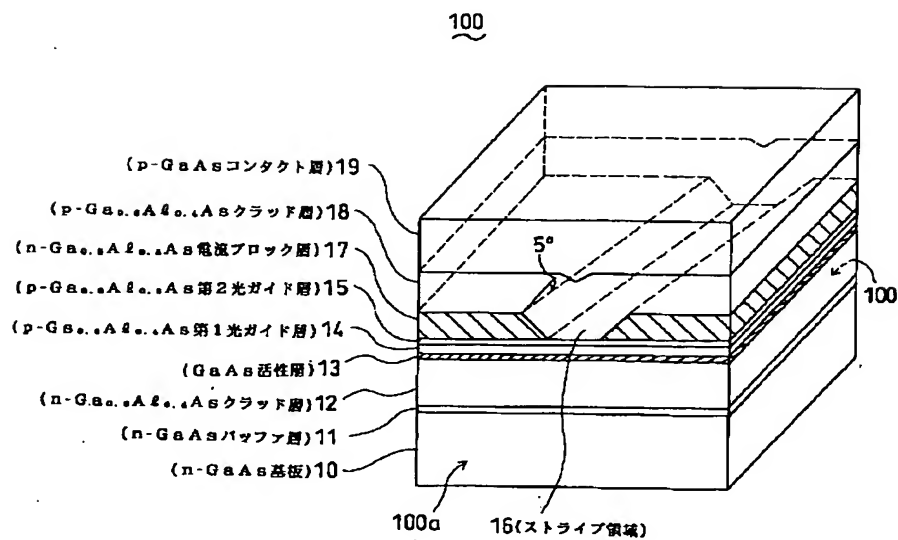
【図3】



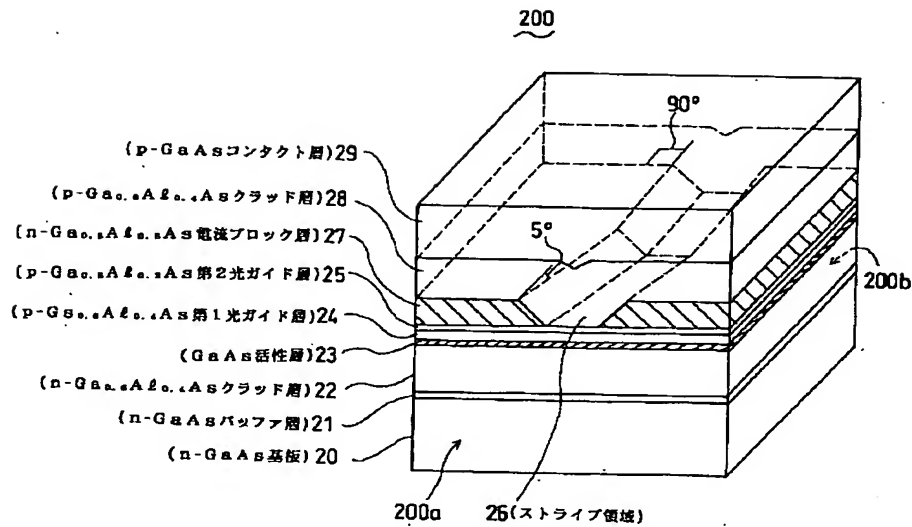
【図4】



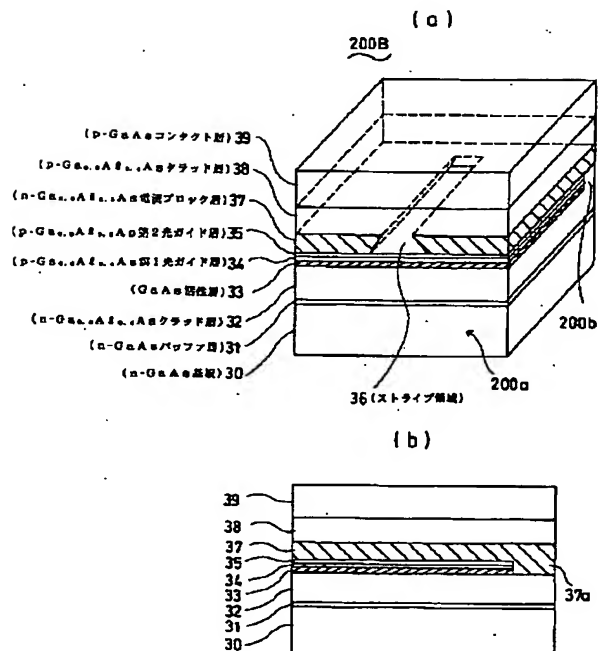
【図5】



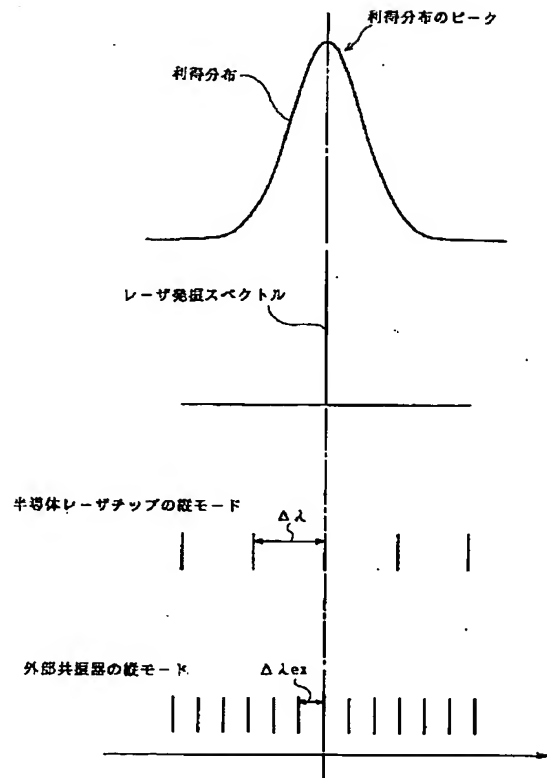
【図6】



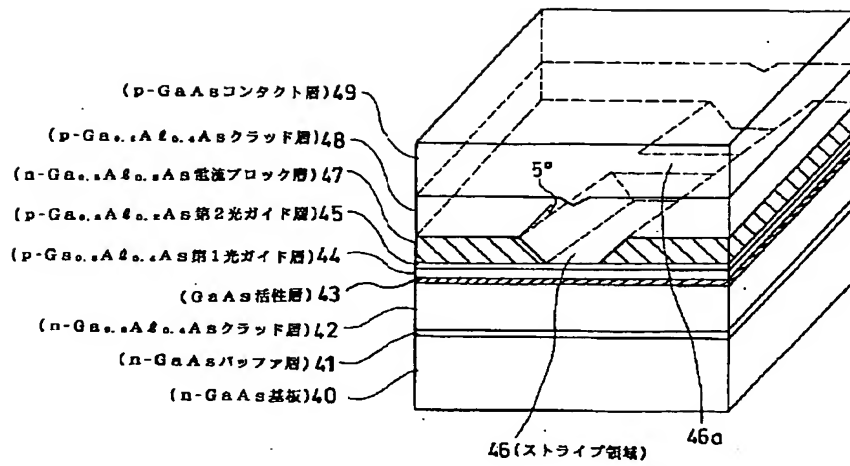
【図7】



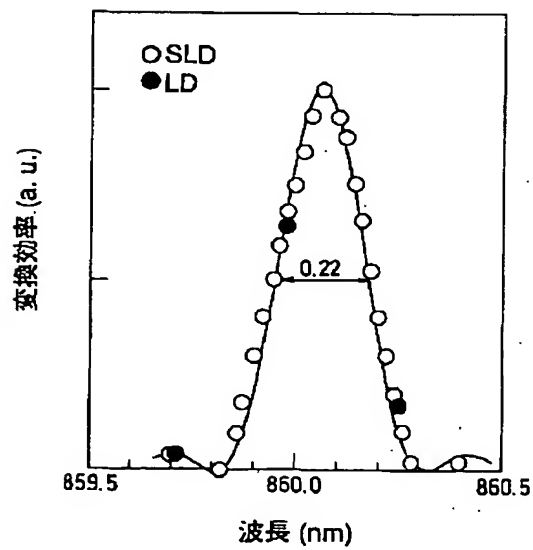
【図9】



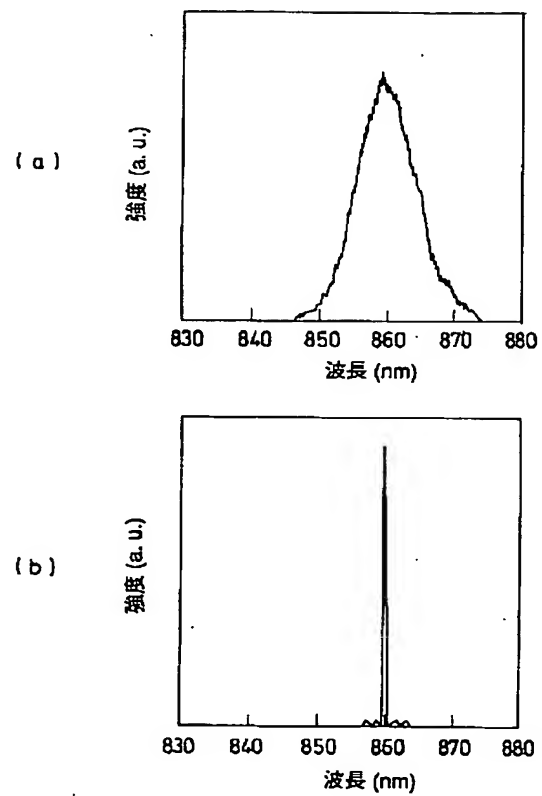
【図8】



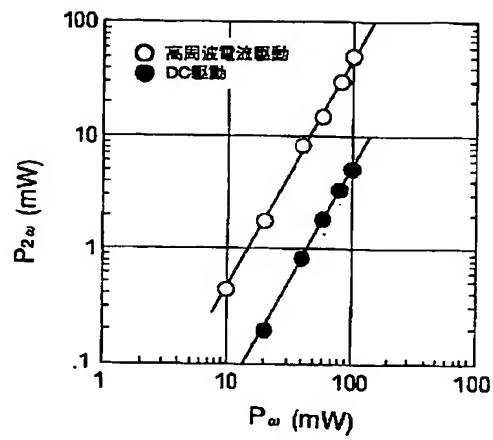
【図10】



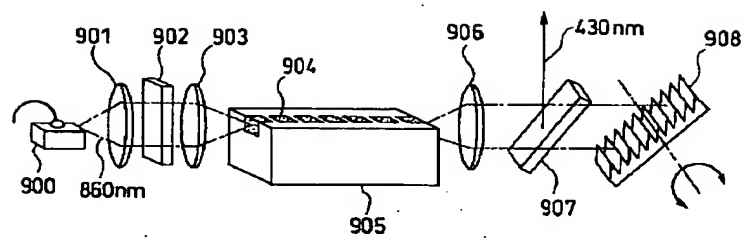
【図11】



【図12】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.